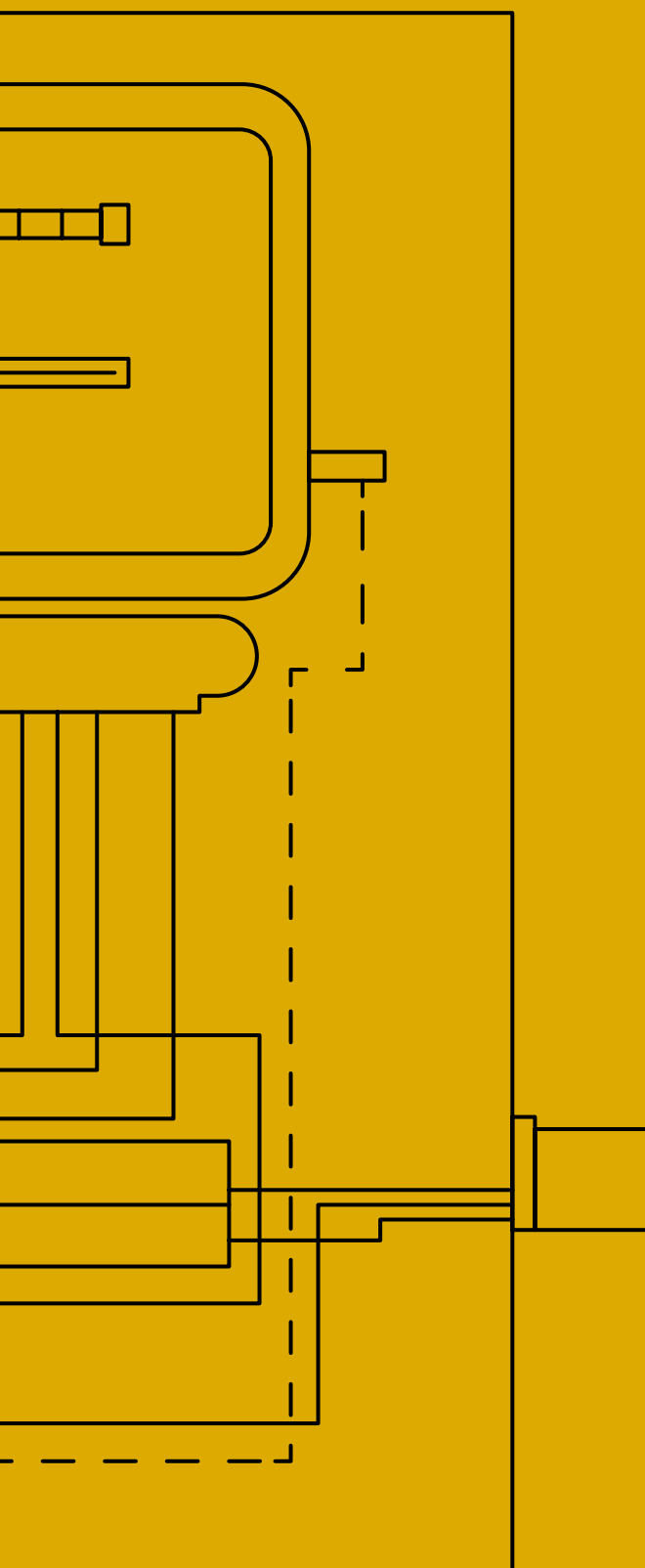
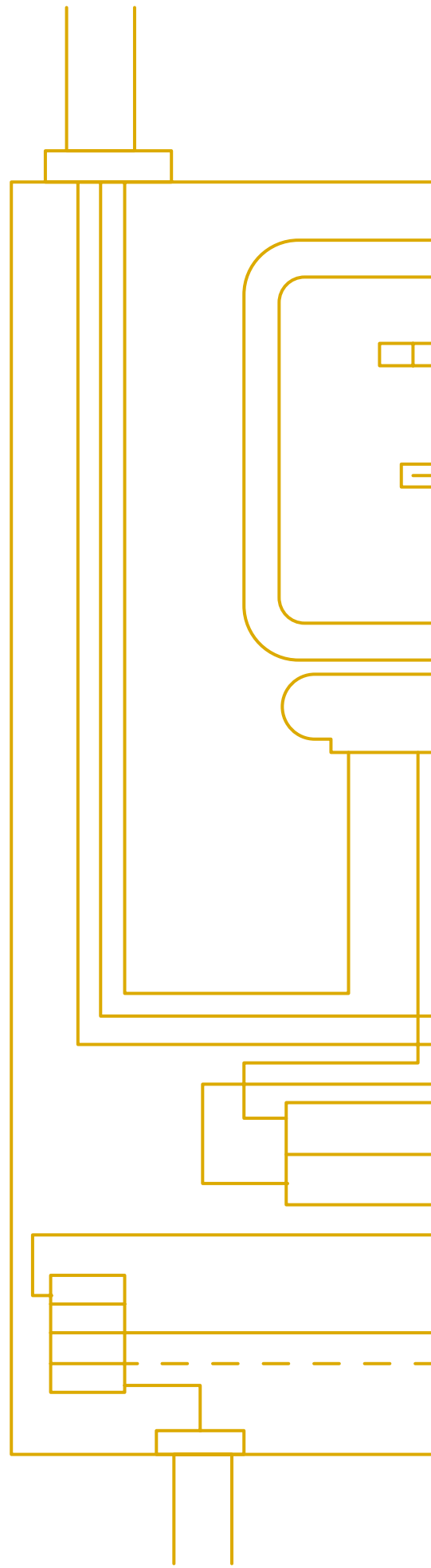


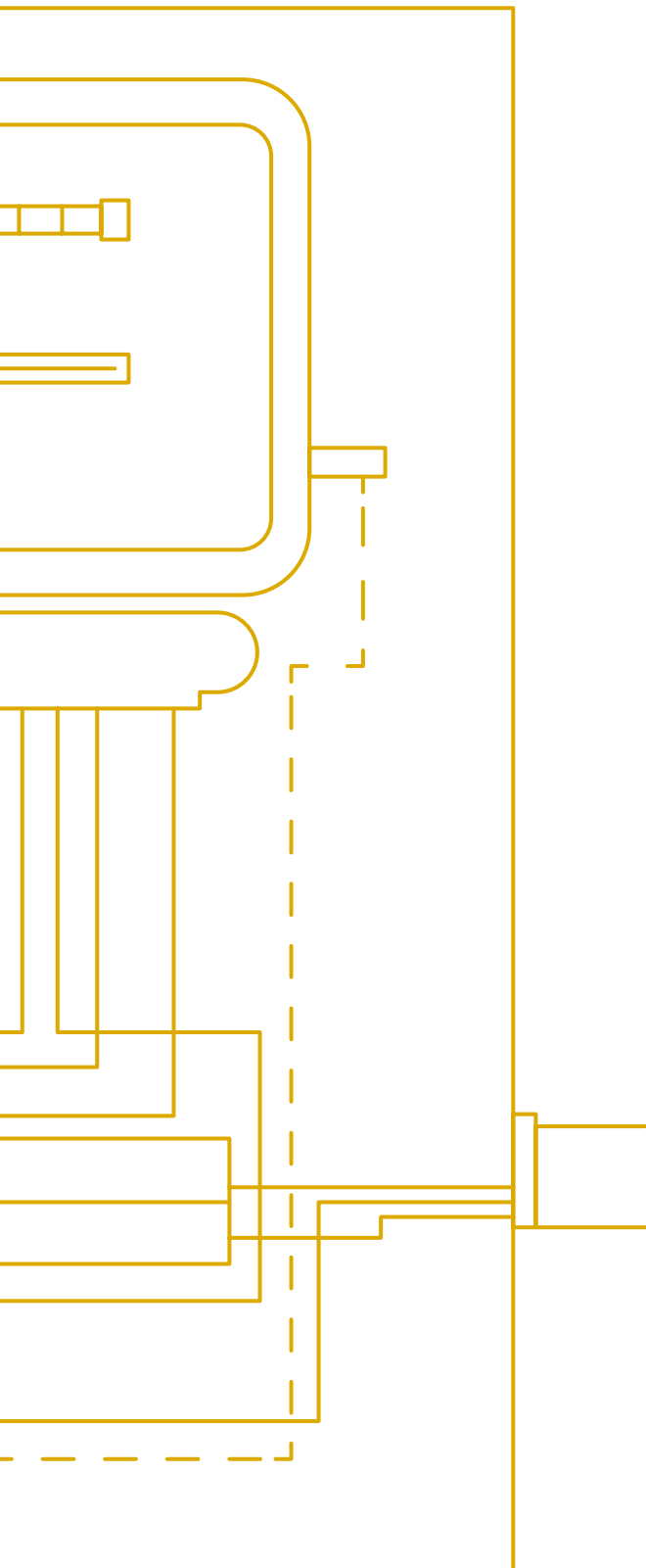
# COL·LECCIÓ BALANÇ ENERGÈTIC D'EQUIPS CONSUMIDORS MESURA I CÀLCUL

## ESCOMESA ELÈCTRICA

05







**COL·LECCIÓ**  
**BALANÇ ENERGÈTIC**  
**D'EQUIPS CONSUMIDORS**  
MESURA I CÀLCUL

**ESCOMESA**  
**ELÈCTRICA**

05



**Primera edició**

Setembre de 2016

**Autors**

Aquesta col·lecció ha estat redactada per la Universitat Politècnica de Catalunya. Daniel Garcia-Almiñana i Lluïsa F. Cabeza.

**Coordinació del document**

Mariona Coll - Institut Català d'Energia

**Revisor del document**

Josep M<sup>a</sup> Piguillem - EFIENER ENGINYERIA SLP

**Disseny**

Eva Sánchez - Institut Català d'Energia

**Maquetació**

OXIGEN Comunicació gràfica

**Versió electrònica**

[icaen.gencat.cat/balancenergetic](http://icaen.gencat.cat/balancenergetic)



Aquesta obra està subjecta a una llicència Reconeixement-No Comercial-SenseObres Derivades 3.0 de Creative Commons. Se'n permet la còpia, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi la font (Institut Català d'Energia) i l'ús concret no inclogui finalitat comercial. S'ha d'informar sobre les condicions sota les que aquest treball pot ser distribuït o comunicat. Tampoc no se'n poden fer obres derivades.

Per veure'n una còpia, visiteu:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>

# Índex

<b>0</b>	<b>Pròleg</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Introducció</b>	<b>9</b>
1.1	Justificació del mòdul	9
1.2	Objectiu del mòdul	10
1.3	Abast del mòdul	10
1.4	Dades macroenergètiques	10
<b>2</b>	<b>Descripció del sistema</b>	<b>10</b>
2.1	Definició	10
2.2	Principis de funcionament i paràmetres	11
2.3	Tipologies d'equip	11
2.4	Normativa aplicable	12
2.5	Descripció gràfica	12
<b>3</b>	<b>Definició del balanç energètic</b>	<b>14</b>
3.1	Descripció del balanç energètic	14
3.2	Esquema del balanç energètic	14
<b>4</b>	<b>Bases de càlcul</b>	<b>16</b>
4.1	Formulació	16
<b>5</b>	<b>Planificació de mesures</b>	<b>18</b>
5.1	Dades de què es disposa	18
5.2	Dades a mesurar	18
5.3	Inventari d'aparells de mesura	19
5.4	Seguretat en persones i equips	19
<b>6</b>	<b>Realització de les mesures</b>	<b>20</b>
6.1	Mesura dels paràmetres elèctrics de la instal·lació	20
<b>7</b>	<b>Exemple pràctic</b>	<b>22</b>
7.1	Enunciat	22
7.2	Dades	22
7.3	Càlculs i resultat	23
7.4	Comentaris	24
<b>8</b>	<b>Referències</b>	<b>25</b>



## 0. Pròleg

La Generalitat de Catalunya va aprovar el 9 d'octubre de 2012 el Pla de l'energia i canvi climàtic de Catalunya 2012-2020 (Pecac 2020), que serveix com a guia per a les polítiques energètiques i de mitigació del canvi climàtic a Catalunya. Un dels eixos principals del pla és promoure i desenvolupar projectes d'estalvi energètic i energies renovables. Les polítiques d'estalvi i eficiència energètica es configuren com un instrument de progrés de la societat, perquè contribueixen al benestar de la població, representen un element de responsabilitat social, projecten les activitats humanes cap al desenvolupament sostenible i estableixen un marc per al desenvolupament de la competitivitat empresarial.

Les auditories energètiques són una peça clau per identificar les oportunitats i potenciar les inversions en projectes d'estalvi energètic i energies renovables. Una auditoria energètica de qualitat aporta la informació necessària a un centre consumidor d'energia, ja sigui un edifici, una indústria o una flota de transport, per tal d'establir un full de ruta amb una estratègia de millora contínua del seu consum energètic.

En aquest sentit, el novembre de 2012 l'Institut Català d'Energia (ICAEN) va publicar la *Guia metodològica per a realitzar auditories energètiques*, on es ressalta el seu paper clau, sempre que es facin de manera meticulosa. El factor de més pes per determinar la qualitat de l'auditoria és l'obtenció del nombre superior possible de dades mesurades al camp de treball.

Arran d'aquella guia, i de la resposta que va tenir entre els professionals, l'Icaen va detectar que calia complementar la guia amb la formació necessària per fer mesures de camp amb instruments portàtils, i posteriorment conèixer el balanç energètic dels sistemes en estudi. També calia dotar els destinataris d'un cert criteri en la interpretació dels valors obtinguts en les mesures amb els instruments portàtils.

D'aquí neix aquesta publicació, pensada com una col·lecció de mòduls amb una estructura similar. En primer lloc, es justifica l'elecció d'aquell equip i la seva importància en l'àmbit macroeconòmic. Després es descriu i delimita el sistema objecte del balanç energètic i la normativa que se li aplica. A partir d'aquí, es defineix el balanç energètic i tots els càlculs necessaris, fórmula a fórmula, amb les taules i diagrames de bibliografia que calguin. Finalment, es detalla la planificació de les mesures, les característiques dels instruments mesuradors i les mesures mateixes, pas a pas. Per últim, s'inclou l'aplicació de la metodologia del mòdul a un cas concret o dos, i es comenta la fiabilitat dels resultats obtinguts.

Val a dir que aquest càlcul és necessari en l'avaluació o diagnòstic que es porta a terme en una auditoria, però també pot formar part del protocol de manteniment d'una instal·lació, i per tant aquestes mesures de camp poden caldre amb certa periodicitat. És per això que aquesta col·lecció s'adreça tant als professionals del sector de la consultoria energètica com als responsables energètics dels centres consumidors d'energia.

El mòdul que ara us presentem és el cinquè d'aquesta col·lecció que pren com a sistema d'estudi l'escomesa elèctrica. Més que el balanç energètic en aquest mòdul s'avalua la qualitat de l'energia elèctrica d'una instal·lació per mitjà de la comparació dels seus principals paràmetres elèctrics.



# 1. Introducció

## 1.1. Justificació del mòdul

En qüestió d'un segle, l'ús de l'electricitat com a font d'energia s'ha convertit en imprescindible i actualment totes les indústries, habitatges, edificis públics, comerços, etc. disposen d'un subministrament elèctric contractat a una empresa distribuïdora del mercat regulat o a una del mercat liberalitzat, les quals proporcionen la quantitat d'energia demandada amb unes certes garanties pel que fa a la qualitat de l'energia elèctrica.

Inicialment, la disponibilitat d'energia elèctrica va permetre una gran expansió industrial i econòmica en la major part de països. Per altra banda, aquest mateix fet va provocar un augment de la demanda, convertint la disponibilitat de l'energia elèctrica en un problema greu i fent evident no només la necessitat de produir més energia, sinó també la necessitat de subministrar-la amb més qualitat.

Des d'un punt de vista teòric, la qualitat de subministrament "perfecte" implicaria l'existència d'un sistema trifàsic de tensions que, en el punt de connexió entre l'usuari i la companyia elèctrica, és a dir l'escomesa, acomplís amb les següents característiques:

- Tensions permanents en el temps.
- Tensions equilibrades.
- Tensions sinusoidals.
- Tensions amb el seu valor nominal com a amplitud.
- Freqüència de la xarxa elèctrica de 50 Hz.

Qualsevol alteració transitòria d'alguna d'aquestes característiques afecta la qualitat de l'energia.

És per això que la qualitat de l'energia elèctrica és un factor molt important a tenir en compte en totes les instal·lacions elèctriques i, per tant, s'han de fer mesures periòdiques en el quadre general de protecció de l'escomesa elèctrica per avaluar si s'està rebent un senyal elèctric adequat o per detectar si s'està produint algun problema que, en definitiva, pot arribar a perjudicar els equips, dispositius o màquines elèctriques que estiguin connectades en la instal·lació, generar un augment dels costos econòmics i mediambientals.

## 1.2. Objectiu del mòdul

L'objectiu d'aquest mòdul és proporcionar una guia per poder avaluar la qualitat de l'energia elèctrica de les instal·lacions a partir dels principals paràmetres elèctrics mesurats al quadre general de protecció de l'escomesa elèctrica de la mateixa instal·lació.

## 1.3. Abast del mòdul

Aquest mòdul se centra en tot tipus d'instal·lacions elèctriques de baixa tensió però sobretot en els diferents tipus d'escomesa que es poden trobar en aquestes. A l'apartat 2.3, es mostra una breu descripció referent a les escomeses aèries, a les subterrànies i a les mixtes.

## 1.4. Dades macroenergètiques

Les dades que es mostren a continuació han estat extretes del balanç d'energia elèctrica de Catalunya de l'any 2012 [1].

L'any 2012 a Catalunya la producció bruta d'electricitat va assolir els 45.719,8 GWh, dels quals 23.996,4 GWh, és a dir, el 52,5 %, van ser aportats per les centrals nuclears; 7.197,7 GWh (15,7 %) van ser aportats per la generació en cicles combinats; 5.946,1 GWh (13 %) van ser aportats pels sistemes de cogeneració; 3.670,2 GWh (8 %) van ser aportats per l'energia hidràulica; 1.411,8 GWh (3,1 %) van ser aportats per les instal·lacions de producció en règim especial d'energies no renovables (incineració, metanització i reducció de residus); 7.167,8 GWh, (15,7 %) van ser aportats per energies renovables com l'eòlica, la fotovoltaica i la biomassa agrària, animal i forestal i finalment, 2,7 GWh, és a dir, 0,6 %, van ser aportats per centrals de gas combustible.

# 2. Descripció del sistema

## 2.1. Definició

L'escomesa elèctrica es pot considerar com la unió física entre la xarxa elèctrica de distribució de mitjana o baixa tensió i les instal·lacions elèctriques individuals dels usuaris. L'escomesa se sol situar fora dels edificis i al més a prop possible de la línia de distribució, i, a més a més, és propietat de la companyia elèctrica distribuïdora i, per tant, la seva instal·lació i manteniment correspon a aquesta.

Per altra banda, l'escomesa es connecta a un quadre general d'un sistema trifàsic (CGP, caixa general de protecció) que serveix per fer físicament la connexió entre la xarxa de distribució i la xarxa del client a través de línia general d'alimentació (LGA). A més a més, serveix per delimitar la propietat i la responsabilitat entre l'empresa distribuïdora i el client.

Juntament amb l'escomesa, la caixa general de protecció i la línia general d'alimentació, es troba un quadre que conté tots els comptadors que mesuren la demanda de potència, el consum d'energia activa i el d'energia reactiva en diferents períodes horaris.

Finalment, a partir del quadre d'emplaçament dels comptadors es connecten les diferents derivacions individuals segons el nombre d'habitatges o emplaçaments que alimenta la instal·lació elèctrica.

Pel que fa a les escomeses generals, no es permeten derivacions ni cap tipus de caixes d'entroncament, i s'han de construir de tal manera que no es permetin altres connexions abans del quadre de mesura per evitar fuites d'energia.

Altres elements que incorpora tot el sistema de l'escomesa elèctrica descrit anteriorment són: els dispositius de protecció contra sobrecorrent i els dispositius de desconexió de l'escomesa.

## 2.2. Principis de funcionament i paràmetres

En aquest apartat, no s'exposa el funcionament d'una escomesa elèctrica ja que l'escomesa només és una connexió entre la xarxa elèctrica de distribució i la de l'usuari.

Per altra banda, el que sí que es pot referenciar, és que en l'escomesa, i més concretament en la caixa general de protecció, es poden mesurar tots els principals paràmetres elèctrics de la instal·lació de l'usuari, tals com la tensió i corrent entre fases, el factor de potència, la potència activa, aparent i reactiva, la freqüència elèctrica, etc. Aquests paràmetres bàsicament són els que indicaran la qualitat de l'energia elèctrica d'una instal·lació.

## 2.3. Tipologies d'equip

A continuació, es mostra una breu descripció dels tres tipus d'escomesa esmentats en l'apartat 1.3.

**Escomeses aèries.** Es tracta d'un tipus d'escomesa que s'instal·la col·locada en pals elèctrics o sobre façana quan la xarxa de distribució és aèria. En aquest tipus d'escomeses, la presa d'energia elèctrica es realitza amb uns entroncaments de derivació que se situen pròxims a la fixació de la línia a la façana o al pal elèctric amb la finalitat d'evitar moviments de l'escomesa.

**Escomeses subterrànies.** Es tracta del tipus d'escomeses que s'instal·len quan la xarxa de distribució és subterrània. És el tipus d'escomesa més utilitzat a les grans poblacions, on les xarxes de distribució urbanes representen una gran teranyina subterrània que discorre pel subsòl i on es troben les derivacions fins a la caixa de protecció de cada edifici. Aquesta escomesa és més segura que l'anterior.

**Escomeses mixtes o aerosubterrànies.** Es tracta d'un tipus d'escomeses que s'instal·len part en la xarxa aèria i part en la subterrània.

## 2.4. Normativa aplicable

La normativa aplicable en aquest mòdul sobretot és el Reglament electrotècnic per a baixa tensió (RBT) [2] i, més concretament, la instrucció tècnica complementària ITC-BT-11 *Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas*.

En la instrucció present s'exposa la definició d'escomesa i també s'exposen els diversos tipus d'escomesa amb les seves respectives característiques de muntatge. A banda, també s'exposa una breu descripció general de la instal·lació d'una escomesa i una descripció general dels tipus de conductes.

A la mateixa instrucció també es fa referència a altres instruccions del mateix reglament, com són la ITC-BT-06 *Redes aéreas para distribución en baja tensión*, la ITC-BT-07 *Redes subterráneas para distribución en baja tensión* i la ITC-BT-10 *Previsión de cargas para suministros en baja tensión*.

## 2.5 Descripció gràfica

Des de la Figura 5.1 a la Figura 5.7 es mostren les diferents tipologies d'escomeses esmentades en l'apartat 1.3.

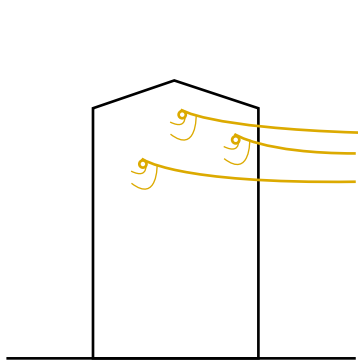


Figura 5.1. Esquema d'una escomesa aèria muntada sobre façana.



Figura 5.2. Esquema de les parts d'una escomesa subterrània.

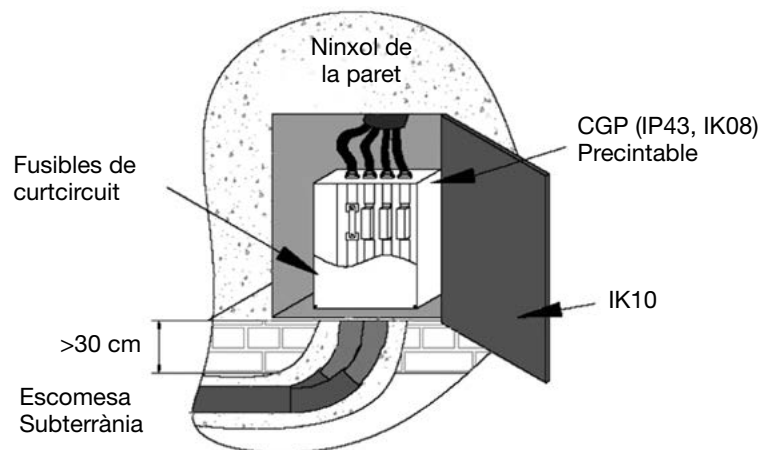


Figura 5.3. Escomesa aèria muntada sobre un pal elèctric.



Figura 5.4. Escomesa subterrània.



Figura 5.5. Quadre d'una escomesa provisional.



Figura 5.6. Presa de mesures sobre una escomesa.



Figura 5.7. Escomesa amb connexions il·legals.

## 3. Definició del balanç energètic

### 3.1. Descripció del balanç energètic

En general, en aquest mòdul s'avalua la qualitat de l'energia elèctrica d'una instal·lació mitjançant la comprovació dels principals paràmetres elèctrics d'aquesta. Avaluar la qualitat de l'energia elèctrica d'una instal·lació significa comprovar el consum d'energia de la instal·lació, si aquesta està ben compensada per les bateries de condensadors, el desequilibri entre les intensitats de cada fase, les caigudes de tensió i l'adequat dimensionament de la potència contractada.

A banda dels factors anteriorment descrits hi ha altres factors que influeixen en la qualitat de l'energia elèctrica i que en el context d'una auditoria energètica sobre instal·lacions elèctriques normalment no es tenen en compte. Aquests factors són les variacions de freqüència elèctrica, les variacions lentes de tensió, les sobretensions, els buits de tensió, les fluctuacions de tensió que poden produir un fenomen anomenat *Flicker*<sup>1</sup>, variacions ràpides de tensió o estats transitoris de tensió, presència d'harmònics i fuites de corrent.

### 3.2. Esquema del balanç energètic

En altres mòduls, en aquest apartat es fa referència a l'equació del balanç energètic del dispositiu que es tracta en el mòdul i, a més a més, es mostra un esquema del balanç energètic d'aquest. En aquest cas no es mostra el balanç energètic d'una escomesa sinó l'esquema unifilar d'una instal·lació elèctrica d'un edifici multihabitatge tal com s'observa a la Figura 5.8.

<sup>1</sup> *Flicker*. S'anomena *Flicker* al nivell de molèstia que percep un observador, en un medi il·luminat, provocat per la variació de lluminositat d'una làmpada producte de les fluctuacions de tensió de la instal·lació elèctrica.

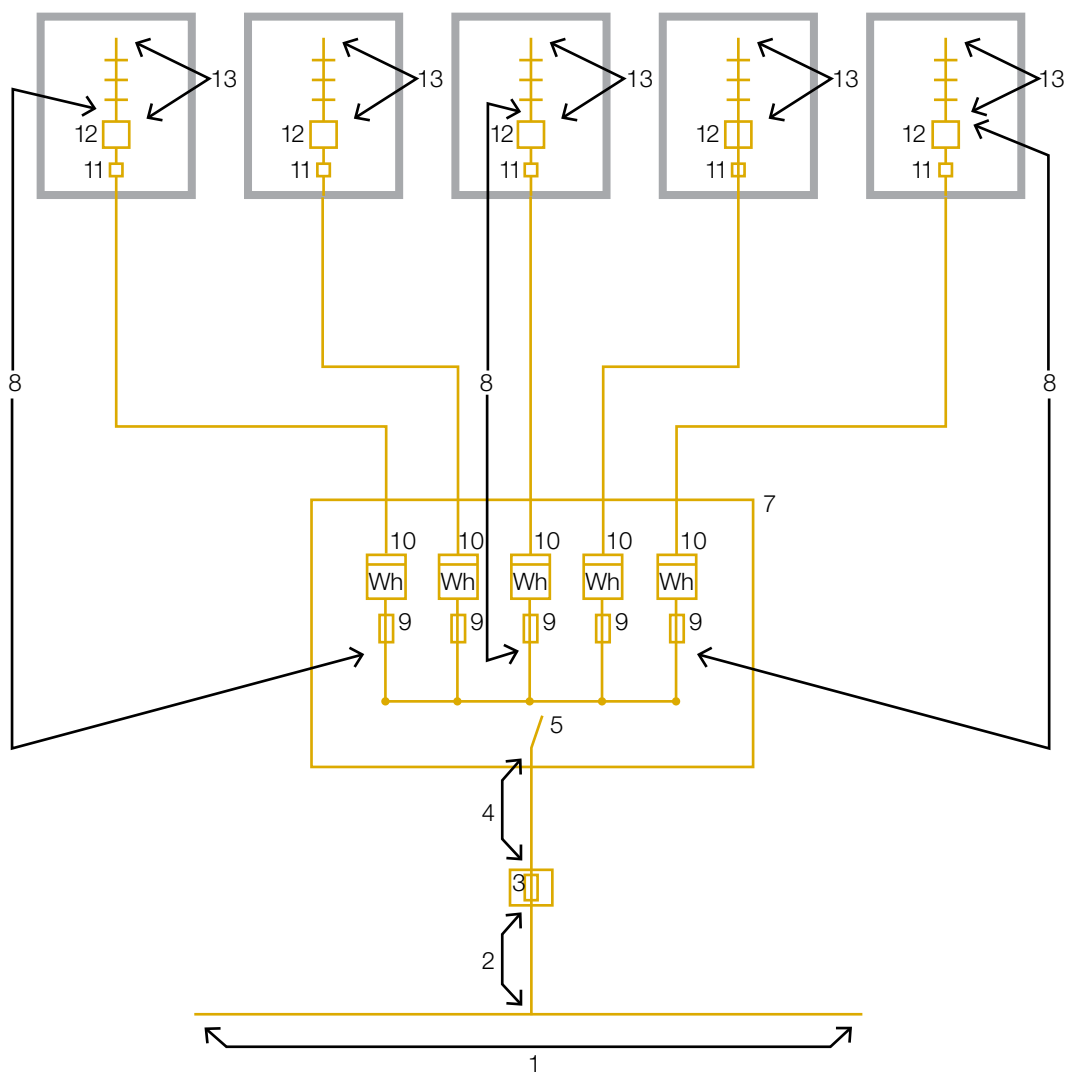


Figura 5.8. Esquema unifilar d'una instal·lació elèctrica genèrica per a varis usuaris amb els comptadors centralitzats en una zona. 1) Xarxa de distribució elèctrica, 2) Escomesa, 3) Caixa general de protecció, 4) Línia general d'alimentació, 5) Interruptor general de maniobra, 6) Caixa de derivació, 7) Emplaçament dels comptadors, 8) Derivació individual, 9) Fusible de seguretat, 10) Comptadors, 11) Caixa per a l'interruptor de control de potència, 12) Dispositius generals de comandament, 13) Instal·lació interior.

## 4. Bases de càlcul

### 4.1. Formulació

En el cas que no es puguin mesurar directament les potències elèctriques en la caixa general de protecció de l'escomesa d'una instal·lació elèctrica, aquestes s'hauran de calcular.

Per calcular la potència aparent d'una instal·lació elèctrica monofàsica, s'ha d'utilitzar l'Equació 5.1.

$$S = V \cdot I \quad \text{Equació 5.1}$$

On:

$S$  [VA] correspon a la potència aparent d'una instal·lació elèctrica monofàsica.

$V$  [V] correspon a la tensió d'una instal·lació elèctrica monofàsica.

$I$  [A] correspon a la intensitat d'una instal·lació elèctrica monofàsica.

Per calcular la potència activa d'una instal·lació elèctrica monofàsica, s'ha d'utilitzar l'Equació 5.2.

$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi \quad \text{Equació 5.2}$$

On:

$P$  [W] correspon a la potència activa d'una instal·lació elèctrica monofàsica.

$\cos\varphi$  [-] correspon al factor de potència d'una instal·lació elèctrica monofàsica.

Per calcular la potència reactiva d'una instal·lació elèctrica monofàsica, s'ha d'utilitzar l'Equació 5.3.

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\varphi \quad \text{Equació 5.3}$$

On:

$Q$  [Var] correspon a la potència reactiva d'una instal·lació elèctrica monofàsica.

$\sin\varphi$  [-] correspon al factor de potència reactiva d'una instal·lació monofàsica.



Per calcular la potència aparent d'una instal·lació elèctrica trifàsica, s'ha d'utilitzar l'Equació 5.4.

$$S_3 = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \quad \text{Equació 5.4}$$

On:

$S_3$  [VA] correspon a la potència aparent d'una instal·lació elèctrica trifàsica.

$V_L$  [V] correspon a la tensió de línia d'una instal·lació elèctrica trifàsica.

$I_L$  [A] correspon a la intensitat de línia d'una instal·lació elèctrica trifàsica.

Per calcular la potència activa d'una instal·lació elèctrica trifàsica, s'ha d'utilitzar l'Equació 5.5.

$$P_3 = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi_3 \quad \text{Equació 5.5}$$

On:

$P_3$  [W] correspon a la potència activa d'una instal·lació elèctrica trifàsica.

$\cos\varphi_3$  [-] correspon al factor de potència d'una instal·lació elèctrica trifàsica.

Per calcular la potència reactiva d'una instal·lació elèctrica trifàsica, s'ha d'utilitzar l'Equació 5.6.

$$Q_3 = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin\varphi_3 \quad \text{Equació 5.6}$$

On:

$Q_3$  [Var] correspon a la potència reactiva d'una instal·lació elèctrica trifàsica.

$\sin\varphi_3$  [-] correspon al factor de potència reactiva d'una instal·lació elèctrica trifàsica.

Adicionalment, a l'Equació 5.7 es mostra la relació per al càlcul de la potència de la bateria de condensadors necessària per la compensació de la potència reactiva.

$$Q_c = P \cdot (\tan\varphi - \tan\varphi') \quad \text{Equació 5.7}$$

On:

$Q_c$  [VAr] correspon a la potència de la bateria de condensadors necessària per compensar la potència reactiva fins aconseguir l'angle  $\varphi'$ .

$P$  [W] correspon a la potència activa de la instal·lació en la qual s'ha de compensar la potència reactiva.

$\tan\varphi$  [-] correspon a la tangent de l'angle que formen les potències de la instal·lació a compensar.

$\tan\varphi'$  [-] correspon a la tangent de l'angle que formen les potències de la instal·lació compensada.

## 5. Planificació de mesures

### 5.1. Dades de què es disposa

- Dades pròpies del subministrament elèctric de les instal·lacions com el tipus de tensió subministrada, el tipus de tarifa elèctrica, la potència contractada, etc<sup>2</sup>.
- Període de mesura dels paràmetres elèctrics de la instal·lació.

### 5.2. Dades a mesurar

Per a instal·lacions elèctriques monofàsiques:

- Tensió de la instal·lació elèctrica:  $V$  [V]
- Intensitat de la instal·lació elèctrica:  $I$  [A]
- Potència aparent de la instal·lació elèctrica:  $S$  [VA]
- Potència activa de la instal·lació elèctrica:  $P$  [W]
- Potència reactiva de la instal·lació elèctrica:  $Q$  [VAr]
- Factor de potència de la instal·lació elèctrica:  $\cos\varphi$  [-]
- Freqüència elèctrica de la instal·lació:  $f$  [Hz]
- Consum d'energia activa de la instal·lació elèctrica:  $E$  [Wh]

Per a instal·lacions elèctriques trifàsiques:

- Tensió de línia de la instal·lació elèctrica:  $V_L$  [V]
- Intensitat de línia de la instal·lació elèctrica:  $I_L$  [A]
- Potència aparent de la instal·lació elèctrica:  $S_3$  [VA]
- Potència activa de la instal·lació elèctrica:  $P_3$  [W]
- Potència reactiva de la instal·lació elèctrica:  $Q_3$  [VAr]
- Factor de potència de la instal·lació elèctrica:  $\cos\varphi_3$  [-]
- Freqüència elèctrica de la instal·lació:  $f$  [Hz]
- Consum d'energia activa de la instal·lació elèctrica:  $E_3$  [Wh]

<sup>2</sup> La majoria d'aquestes dades es poden inventariar a partir de la factura elèctrica de la instal·lació.

### 5.3. Inventari d'aparells de mesura

- Analitzador de xarxes elèctriques (Figura 5.9):
  - Referència/model: Analitzador elèctric Circutor AR6 + accessoris.
  - Variables mesurades:  $V$ ,  $I$ ,  $S$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $\cos\varphi$ ,  $f$ ,  $E$ ,  $V_L$ ,  $I_L$ ,  $S_3$ ,  $P_3$ ,  $Q_3$ ,  $\cos\varphi_3$ ,  $f$ ,  $E_3$  i altres paràmetres elèctrics.

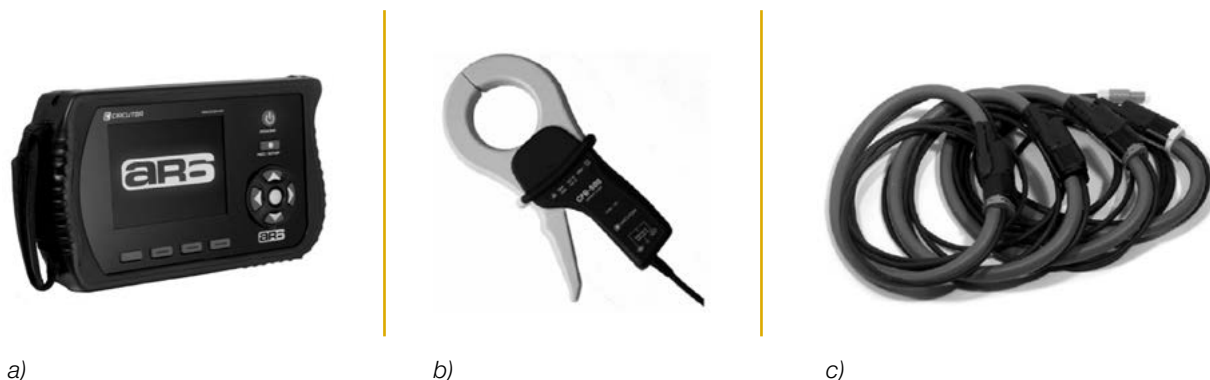


Figura 5.9. Analitzador elèctric Circutor AR6 + accessoris. a) Analitzador de xarxes, b) Pinça amperimètrica rígida CPRG-500, c) Pines amperimètriques flexibles AMS54-FLEX.

### 5.4 Seguretat en persones i equips

Abans de fer qualsevol mesura, és necessari i imprescindible llegir les instruccions d'ús de l'aparell o dispositiu de mesura.

**Seguretat per a les persones.** En la mesura de les variables  $V$ ,  $I$ ,  $S$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $\cos\varphi$ ,  $f$ ,  $E$ ,  $V_L$ ,  $I_L$ ,  $S_3$ ,  $P_3$ ,  $Q_3$ ,  $\cos\varphi_3$ ,  $f$ ,  $E_3$  i altres paràmetres elèctrics, s'ha de tenir en compte que es realitza sobre instal·lacions elèctriques en funcionament i, com a tal, la mesura l'ha de fer un tècnic expert amb carnet d'electricista, que no treballi mai sol, que disposi d'elements de protecció com guants, pantalla facial i calçat aïllant, que utilitzi eines normalitzades, que hagi fet un curs de seguretat industrial per tal de tenir recursos preventius, especialment quant a riscos elèctrics, i que es conegui en la mesura del possible el Pla específic de riscos laborals de l'empresa.

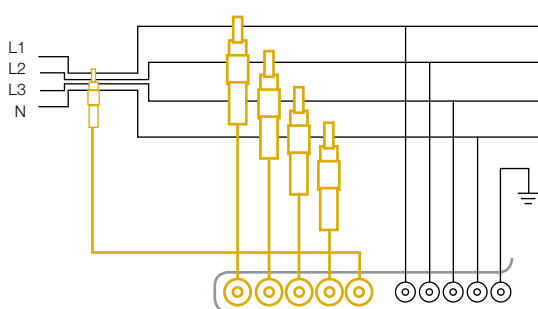
**Seguretat en equips.** És aconsellable no tractar de manera brusca l'analitzador de xarxes i els accessoris. L'analitzador és un aparell senzill de mantenir. Periòdicament s'ha de netejar la capsa amb un drap humitejat, de manera suau, amb aigua i detergent, mai amb productes abrasius i dissolvents. Cal evitar qualsevol ajustament, manteniment o reparació que impliqui l'obertura de l'equip; només es pot obrir l'equip per personal qualificat.

Abans de qualsevol operació, modificació de les connexions, canvi, manteniment o reparació, cal desconnectar l'aparell de tota font d'alimentació. Quan se sospiti d'un funcionament erroni o fallada de l'equip o de la protecció, aquest ha de deixar-se fora de servei i assegurar que no es pugui produir cap connexió accidental.

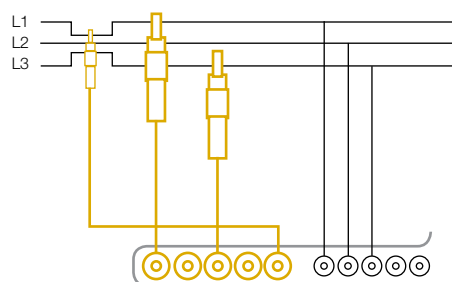
## 6. Realització de les mesures

### 6.1. Mesura dels paràmetres elèctrics de la instal·lació

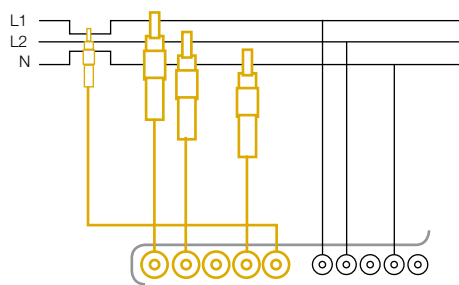
1. S'han de connectar les preses de tensió i les pinces amperimètriques segons el tipus d'instal·lació en els cables de l'escomesa que arriben a la caixa general de protecció (CGP), tal i com s'indica en la Figura 5.10 i Figura 5.11. Cal tenir en compte les normes de seguretat del manual i les referenciades en l'apartat 5.4.
2. S'ha d'engegar l'aparell i seleccionar el tipus de mesura a realitzar prement la icona [ANÁLISIS DE MEDIDAS]. un cop s'obri la llista amb les diferents mesures disponibles, s'ha de seleccionar, mitjançant el cursor gris, el tipus de mesura que s'ha de fer segons les configuracions presentades en la figura 5.10.
3. un cop seleccionada la mesura a realitzar, cal prémer la tecla dinàmica [ACCIONES] i seleccionar [REGISTROS]. S'obrirà una pantalla on es podran visualitzar els paràmetres principals de la connexió a analitzar.
4. Llegir les mesures, guardar-les o anotar-les.



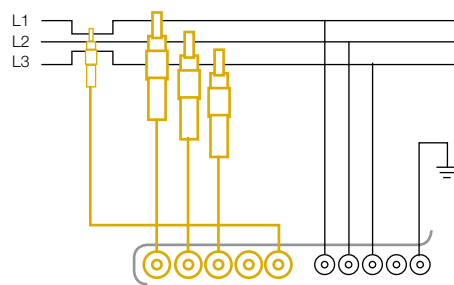
a) Sistema trifàsic 4 fils



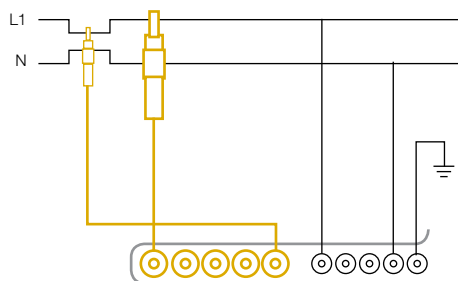
b) Sistema trifàsic 3 fils ARON



c) Sistema bifàsic



d) Sistema trifàsic 3 fils



e) Sistema monofàsic

Figura 5.10. Tipus de configuracions a les xarxes elèctriques

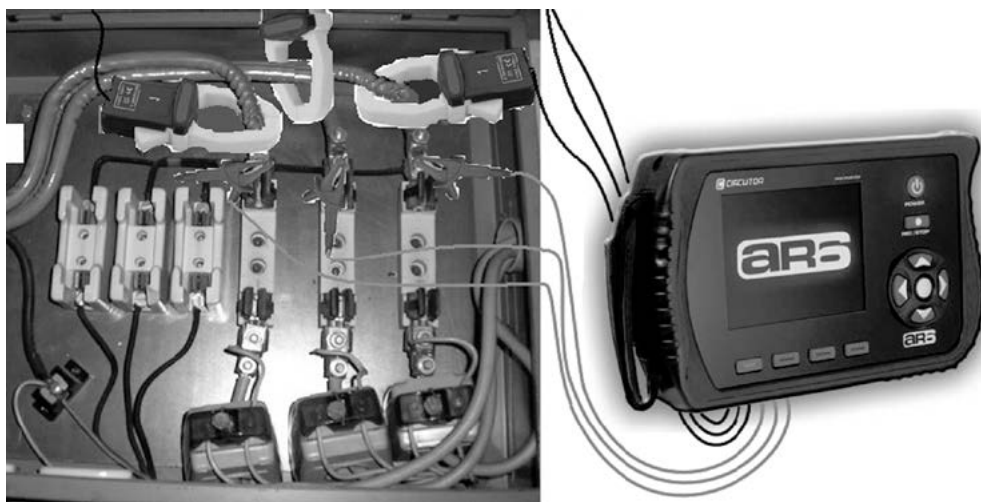


Figura 5.11. Connexions de l'analitzador de xarxes en la caixa general de protecció d'una escomesa.

## 7. Exemple pràctic

### 7.1. Enunciat

Una fabrica tèxtil de 130 treballadors es proposa analitzar els paràmetres característics de l'energia elèctrica de la seva instal·lació amb la finalitat de comprovar-ne el seu funcionament i la gestió.

L'empresa distribuïdora facilita el subministrament elèctric a la fàbrica a través d'una escomesa subterrània, mitjançant un contracte de subministrament de baixa tensió i tres períodes (tarifa 3.0).

A partir dels valors obtinguts, es vol analitzar la qualitat del subministrament i, si és necessari, incorporar una bateria de condensadors per obtenir un factor de potència de 0,95.

### 7.2. Dades

A la Taula 5.1, es mostra el recull de les dades de què es disposa sobre el subministrament elèctric de l'empresa i el període de mesura, i a la Taula 5.2 es mostren els diferents paràmetres elèctrics mesurats a la caixa general de protecció de l'escomesa durant el període de mostreig.

Paràmetres	Unitats	Dada
Tipus de tensió	-	Baixa
Valor de la tensió de línia subministrada	V	400
Tipus de mercat de tarifes	-	Regulat
Tipus de tarifa	-	3.0
Potència contractada	kW	600
Potència aparent del transformador que opera en la instal·lació	kVA	630
Interval de mesura	Dies	30

*Taula 5.1. Dades principals de què es disposa sobre el subministrament elèctric i sobre l'interval de mesura dels paràmetres.*

Paràmetres	Unitats	Dada
Tensió de línia	V	392,5
Intensitat de línia	A	264,5
Potència aparent	kVA	179,8
Potència activa	kW	152,8
Potència activa màxima	kW	324,2
Potència reactiva	kVAr	94,7
Factor de potència	-	0,85
Freqüència mínima	Hz	49,9
Consum energia activa en un dia	kWh	3.783,7

Taula 5.2. Dades mesurades en la caixa general de protecció de la instal·lació elèctrica<sup>3</sup>.

### 7.3. Càlculs i resultat

A partir dels valors obtinguts, es comprova com el factor de potència té un valor mitjà de 0,85. Com que es desitja obtenir un factor de potència mínim de 0,95, cal incorporar una bateria de condensadors per a reduir l'energia reactiva existent a la instal·lació.

A continuació, es mostra el càlcul de la potència de la bateria de condensadors per la compensació de la potència reactiva mesurada en la instal·lació elèctrica, sabent que es vol aconseguir un factor de potència de 0,95.

$$\cos^{-1}(0,85) = 31,788^{\circ}$$

$$\cos^{-1}(0,95) = 18,195^{\circ}$$

$$Q_c = P \cdot (\tan\phi - \tan\phi')$$

$$Q_c = 152,88 \text{ kW} \cdot (\tan(31,788^{\circ}) - \tan(18,195^{\circ}))$$

$$Q_c = 44,496 \text{ kV Ar}$$

El valor de  $Q_c$  obtingut indica la capacitat total necessària de la bateria de condensació a instal·lar.

<sup>3</sup> La majoria de les dades mostrades a la Taula 5.2 fan referència a la mitjana de cadascuna de les variables calculada a partir dels valors obtinguts durant el període de mesura.

## 7.4. Comentaris

A partir de les dades mostrades en l'apartat 7.2 i 7.3, s'arriba a la conclusió que la instal·lació elèctrica de la fàbrica tèxtil presenta en general un funcionament correcte, tot i que es comprova que és possible optimitzar-ne el funcionament instal·lant una bateria de condensadors de potència aproximada de 45 kVAr amb la qual es millorarà el factor de potència de 0,85 a 0,95.

Des del punt de vista tècnic, una millora en el factor de potència de la instal·lació permetrà disminuir pèrdues d'energia causades per efecte Joule i reduir la caiguda de tensió en el cablejat de la instal·lació. Aquests factors permetran, en conseqüència, reduir el consum d'energia activa. Per altra, banda, aquesta millora del factor de potència permetrà obtenir un millor funcionament dels equips consumidors de la instal·lació.

A més, cal considerar els avantatges econòmics de millorar el factor de potència, ja que permetrà reduir de manera considerable els recàrrecs per consum d'energia reactiva que aplica l'empresa subministradora en la facturació d'energia elèctrica.

Per altra banda, durant la realització de mesures d'una escomesa general de distribució és també important comprovar el valor màxim de potència activa registrat per a assegurar que la potència contractada (en el cas exemple de 600 kW) sigui la necessària per a la planta. Si aquest valor és superior al registrat, s'estarà pagant per tenir disponible una potència que no es necessita. Per contra, si el valor registrat és superior al contractat, implicarà la presència de recàrrecs per excés de potència a la factura de l'empresa subministradora, ja que se li estarà demanant més potència de la prevista segons contracte. En el cas de la indústria a estudi, el valor registrat de 324,2 kW es troba molt per sota de la potència contractada, per la qual cosa és recomanable revisar el valor de potència contractada.

Un altre aspecte a tenir en compte durant les mesures, és l'evolució de la demanda de potència al llarg dels diferents dies de la setmana. Aquest aspecte és important en primer lloc per conèixer si durant períodes no laborables existeixen consums ocults innecessaris, com equips o instal·lacions que romanen en funcionament durant hores en què no s'utilitzen. En segon lloc, conèixer la corba de demanda al llarg del període de mostreig ha de permetre modificar les franges de funcionament de determinats equips, desplaçant aquells consums que sigui possible de períodes punta a períodes vall, en què el cost de l'energia és menor.



## 9. Referències

**[1]** Dades de l'energia ICAEN. Balanç d'energia elèctrica de Catalunya. Any 2010-2013. Generalitat de Catalunya.

[http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc\\_energia/](http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/anuals/balanc_energia/)

**[2]** Reial decret 842/2002. Reglament electrotècnic per a baixa tensió. BOE, 18 de setembre de 2002.

[http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-18099](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2002-18099)





